

Anhang 2
Kohortenstudien zu den gesundheitlichen Effekten einer Exposition
mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Der englische Originaltext ist in „Radiation and Environmental Biophysics“ erschienen:

Breckenkamp J, Berg G, Blettner M. Biological effects on human health due to radiofrequency/microwave exposure: a synopsis of cohort studies. Radiat Environ Biophys 2003; 42:141-154.

Kohortenstudien zu den gesundheitlichen Effekten einer Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Gabriele Berg, Jürgen Breckenkamp, Maria Blettner

Dr. Jürgen Breckenkamp
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
AG 3 – Epidemiologie und Medizinische Statistik
Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Dr. Gabriele Berg
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
AG 3 – Epidemiologie und Medizinische Statistik
Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Prof. Dr. Maria Blettner
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
AG 3 – Epidemiologie und Medizinische Statistik
Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Korrespondenz:

Dr. Jürgen Breckenkamp
Fakultät für Gesundheitswissenschaften
AG 3 – Epidemiologie und Medizinische Statistik
Universität Bielefeld
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld
Tel.: 0521 106 5166
Email: juergen.breckenkamp@uni-bielefeld.de

Hintergrund

Mit steigender Verbreitung und Anwendung elektrischer Anlagen im Haushalt, in der Freizeit und im Beruf hat sich die Umwelt des Menschen grundlegend geändert. Der Anteil der mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern exponierten Bevölkerung ist insbesondere seit der weiten Verbreitung des Mobilfunks rapide gestiegen.

Expositionen mit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung im beruflichen Umfeld treten schon seit Jahrzehnten auf. Zwar ist der Anteil beruflich Exponierter klein; eine Zunahme der Zahl exponierter Personen - insbesondere außerhalb des Produktionsbereichs - ist aber auch hier zu vermuten (u. a. kabellose lokale Netzwerke [w-lan] bzw. bluetooth¹). Zudem können im beruflichen Umfeld deutlich höhere Expositionen auftreten.

Ein Handlungsbedarf für die Erforschung gesundheitsschädigender Wirkungen der elektromagnetischen Felder besteht nicht nur wegen der starken Zunahme an Hochfrequenz emittierender Quellen und der damit steigenden Anzahl an exponierten Personen, sondern auch aufgrund der zunehmenden öffentlichen Besorgnis über mögliche gesundheitliche Folgewirkungen.

Bezüglich direkter gesundheitlicher Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder gibt es vereinzelte Hinweise auf höhere Risiken in bezug auf Krebserkrankungen. Hier sind insbesondere Hirntumoren, Leukämien und Brustkrebs zu nennen. Zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen liegen bisher keine Ergebnisse aus Kohortenstudien vor.

Der physikalische Begriff „elektromagnetische Felder“ umfasst den Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz. Neben den statischen Feldern mit 0 Hz, wie sie zum Beispiel bei der Kernspintomographie auftreten, schließt der Begriff die niederfrequenten Felder (z. B. Bahnstromleitungen mit 16b Hz oder Netzstrom mit 50 bzw. 60 Hz) ebenso ein wie die hochfrequenten Felder, die bei den industriell angewendeten dielektrischen Verfahren (27,12 MHz) ebenso auftreten wie bei der Nutzung des Mikrowellenofens im Haushalt (2,45 GHz).

Häufig wird die Frequenz von 30 kHz als Wert zur Abgrenzung der statischen und niederfrequenten Felder von den hochfrequenten Feldern genutzt. Eine international einheitliche Definition zur Abgrenzung der Bereiche existiert aber nicht.

¹ Bluetooth ist ein offener Standard für eine Technologie zur drahtlosen Verbindung verschiedener Kommunikationsgeräte

Methode

Die Literaturrecherchen nach Kohortenstudien zum Thema „Gesundheitliches Risiko durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern“ wurden in den Literaturdatenbanken Medline, CancerLit und HealthStar sowie in der EMF-Datenbank der WHO durchgeführt.

In den Datenbanken wurde mit verschiedenen Suchbegriffen, unter anderem: „*electromagnetic fields, radiation, radiation/adverse effects, cancer, cohort study*“ recherchiert. In HealthStar und CancerLit wurde zusätzlich der Filter „*nonMedline*“ gesetzt. Außerdem wurde eine Suche mit vorgegebenen medizinischen Stichwörtern - medical subject headings (MeSH) - in Medline durchgeführt: „*electromagnetic fields/adverse effects, radiation nonionizing/adverse effects*“. Für diese Recherche wurde zudem der methodische Filter: „*cohort study*“ verwendet.

Eingegrenzt wurden die Recherchen auf englischsprachige Publikationen und das Zeitintervall von 1970 bis 2002. Es wurde keine Mindestgröße der Kohorten als Einschlußkriterium definiert.

Evaluiert wurden die vorliegenden Studien nach den Kriterien:

- Größe der Kohorte
- Darlegung wichtiger Eigenschaften der Kohorten (z.B. Alters- und Geschlechtsverteilung)
- Exposition (potentielle Exposition)
- Messung der Exposition
- Confounding
- Inzidenz / Mortalität
- Qualität des Follow-up (Dauer, Vollständigkeit).

Ergebnisse

Bis Ende 2002 wurden die Ergebnisse von neun Kohortenstudien zu den gesundheitlichen Risiken durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in 10 Publikationen veröffentlicht. Diese Studien werden kurz dargestellt und insbesondere über auffällige Ergebnisse, zumeist erhöhte Erkrankungsrisiken, berichtet.

Arbeiterinnen an dielektrischen Plastiksweißmaschinen (Italien)

Lagorio et al. (1997) untersuchten den Einfluss der Hochfrequenz (HF)-Strahlung von Plastiksweißmaschinen auf die Krebsmortalität der Beschäftigten einer kunststoffverarbeitenden Firma in Italien. In die Studie wurden 452 Frauen (10.123 Personenjahre) aufgenommen, die zwischen dem 1. Oktober 1962 (Beginn der Produktion) und dem 30. September 1992 in der Firma eingestellt wurden. 302 Frauen waren aufgrund ihrer Tätigkeiten an Plastiksweißmaschinen mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern exponiert.

Verglichen mit den Mortalitätsraten der Region findet sich eine erhöhte Mortalität in der hochfrequenzbelasteten Subkohorte bei malignen Neoplasien (SMR: 2,0; 95 % Konfidenzintervall [CI]: 0,7-4,3), Unfällen (SMR: 2,4; 95 % CI: 0,3-8,7) und bei allen Todesursachen (SMR: 1,4; 95 % CI: 0,7-2,7). Die SMR aller Todesursachen unterscheidet sich dabei aber nicht von der SMR der Frauen, die nicht an diesen Maschinen arbeiten (SMR: 1,3; 95 % CI: 0,4-3,1).

Sowohl die Größe der Kohorte als auch die geringe Zahl der Verstorbenen (n=14) sprechen für eine sehr geringe Power der Studie. Für 5 Frauen, die nicht bis zum Studienende verfolgbar waren (lost to follow-up), wurde angenommen, dass diese am Ende der Studie noch leben. Diese Annahme kann jedoch zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass eine oder mehrere dieser Frauen doch an einer Krebserkrankung verstorben sind. Außerdem führt diese Annahme zu einer geringen Überschätzung der Personenjahre unter Risiko.

Informationen zur Vollständigkeit der Personalakten (Daten der Beschäftigung) lagen nicht vor. Die individuelle Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern konnte nicht bestimmt werden. Stattdessen wurden zwei Berufsgruppen und die Dauer der Berufstätigkeit zur Expositionsabschätzung genutzt. Auch die Exposition mit krebserregenden Vinyl-Dämpfen konnte bei der Auswertung aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden.

Funkamateure (USA), Funkerinnen auf Handelsschiffen (Norwegen)

Die möglichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Funkgeräten waren in zwei Studien Gegenstand der Untersuchung (Milham 1988; Tynes et al. 1996). In den USA wurden in einer Kohorte aus 67.829 registrierten Funkamateuren (232.499 Personenjahre) der amerikanischen Bundesstaaten Washington und Kalifornien für den Zeitraum von 1979 bis 1984 2.485 verstorbene Männer identifiziert. Der Zeitraum

vom Tag der Lizenzierung bis zum 31. Dezember 1984 bzw. dem Todestag war die Grundlage zur Bestimmung der Personenjahre „at risk“. Alle Personen mit gültiger Lizenz wurden als exponiert angesehen. Die Todesursachen der verstorbenen Funkamateure wurden der Todesursachenstatistik der oben genannten Bundesstaaten gegenübergestellt.

Die Gesamtmortalität bei den Funkamateuren war deutlich geringer als in der Vergleichspopulation (SMR: 0,71; 95 % CI: 0,69-0,74). Ein erhöhtes Mortalitätsrisiko fand sich bei den Neubildungen des lymphatischen und blutbildenden Gewebes (SMR: 1,23; 95 % CI: 0,99-1,52) sowie in den Untergruppen Leukämie (SMR: 1,24; 95 % CI: 0,87-1,72), akute myeloische Leukämie (SMR: 1,76; 95 % CI: 1,03-2,85) und bei sonstigen Neubildungen des lymphoiden Gewebes.

Informationen zum Alter der Mitglieder der Kohorte wurden nicht gegeben; dies trotz der Tatsache, dass diese Daten bei der Lizenzvergabe erfasst wurden und somit verfügbar waren.

Für alle lizenzierten Funkamateure wurde eine Exposition angenommen. Hier bleibt jedoch unklar, wie viele der Funkamateure tatsächlich senden oder den Funkverkehr nur abhören. Beim Abhören des Funkverkehrs tritt keine Exposition auf. Es ist unbekannt, wann eine Person das erste Mal eine Lizenz bekam und damit, seit wie vielen Jahren eine Exposition bestand. Alternativ hätte eine Differenzierung nach Lizenzklassen als ein grober Schätzer dienen können.

Eine Verzerrung der Ergebnisse kann nicht ausgeschlossen werden, da rund 30 % der Funkamateure, aber nur 3 % der zu Vergleichszwecken herangezogenen Bevölkerung in verschiedenen Bereichen der Elektroindustrie arbeiten und damit potentiell nieder- und hochfrequenten Feldern ausgesetzt sind. Hier hätte ein zusätzlicher interner Vergleich einen Aufschluss über das Ausmaß einer möglichen Verzerrung geben können.

In der zweiten Studie (Tynes et al. 1996) wurde die Inzidenz von Brustkrebs bei Frauen bestimmt, die auf Handelsschiffen beruflich im Schichtdienst mit Funkgeräten und /oder Fernschreibern arbeiteten und zudem nachts künstlicher Beleuchtung ausgesetzt waren. Die Studie untersuchte drei Kohorten, die sich in ihrer Zusammensetzung zum Teil überschneiden. Zudem war in die Studie eine Fall-Kontrollstudie eingebettet.

Im folgenden werden einige Ergebnisse der so genannten Telekom-Kohorte, der umfangreichsten der drei Kohorten, und der eingebetteten Fall-Kontrollstudie dargelegt. Die Kohorte bestand aus 2.619 Frauen (72.105 Personenjahre), die zwischen 1920 und 1980

zertifiziert wurden. Im Zeitraum des Follow-ups von 1961 bis 1991 traten 140 neue Krebsfälle auf. Die Studie fand erhöhte SIRs für die gesamten bösartigen Neubildungen (SIR: 1,2; 95 % CI: 1,0-1,4) sowie der Untergruppe Brustkrebs (SIR: 1,5; 95 % CI: 1,1-2,0). Die errechneten SIRs basieren auf der weiblichen Bevölkerung Norwegens als Referenz.

Im Rahmen einer eingebetteten Fall-Kontrollstudie wurden interne Vergleiche durchgeführt. 50 Frauen mit einer Krebserkrankung wurden mit jeweils 4 bis 7 Kontrollen gematcht. Detaillierte Angaben zur Berufsbiographie standen mit dem sogenannten „Matrosen-Register“ zur Verfügung.

Die Dauer der beruflichen Tätigkeit bzw. Schichtarbeit wurden als Exposition definiert und nach der Expositionsdosis (in Jahren) in jeweils drei Kategorien unterteilt. Für Frauen in einem Alter von 50 Jahren und älter fand sich eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen dem Brustkrebsrisiko und der Dauer der Beschäftigung in Jahren (keine Beschäftigung OR: 1,0; bis 3,2 Jahre OR: 1,9; länger als 3,2 Jahre OR: 5,9; p für Trend: 0,02) sowie zwischen dem Brustkrebsrisiko und Schichtarbeit (keine Schichtarbeit OR: 1,0; bis 3,1 Jahre OR: 3,3; länger als 3,1 Jahre OR: 6,1; p für Trend: 0,01). Nach einer wechselseitigen Adjustierung war die Trendberechnung jedoch nicht mehr statistisch signifikant.

Polizisten (Kanada)/ Techniker bei der Marine I (USA) / Techniker bei der Marine II (USA)

Zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Strahlungen im Mikrowellenbereich (Radar) liegen drei Untersuchungen vor. In einer kanadischen Studie (Finkelstein 1998) wurde 20.601 männliche Polizisten untersucht, ob diese Berufsgruppe eine erhöhte Zahl von Krebserkrankungen hat. Als mögliche Ursache wurde die Strahlung von Hand-Radargeräten zur Geschwindigkeitsmessung angesehen. Die Aufnahme in das von 1970 bis 1995 laufende Follow-up erfolgte entweder anhand des Einstellungsdatums oder zu dem Zeitpunkt, an dem eine Polizeistation auch ihre ehemaligen Mitarbeiter vollständig identifizieren konnte. Für die Stationen, die nur Daten von aktuell beschäftigten Polizisten liefern konnten, wurde das Eintrittsdatum auf den 1. Januar 1992 festgelegt. Für studieninterne Vergleiche wurden zwei Gruppen gebildet: Personen, deren Follow-up weniger als 10 Jahre dauerte, und Personen mit einem Follow-up von 10 Jahren und mehr. Für die Bestimmung der SIR wurden bevölkerungsbezogene Daten als Referenz genutzt.

Die Polizisten erkrankten - bei 561 Fällen während des Follow-ups - weniger häufig an Krebs als die Bevölkerung insgesamt (SIR: 0,90; 90 % CI: 0,83-0,98). Dieses Ergebnis wird von den Autoren auf einen „healthy worker effect“ zurückgeführt, da unter anderem

der Anteil an Rauchern unter den Polizisten deutlich niedriger als in der Allgemeinbevölkerung ist. Ein erhöhtes Risiko fand die Studie für bösartige Neubildungen der Prostata (SIR: 1,16; 90 % CI: 0,93-1,43), für Hodenkrebs (SIR: 1,3; 90 % CI: 0,89-1,84) und für Melanome (SIR: 1,45; 90 % CI: 1,10-1,88).

Problematisch ist, dass nicht alle Polizeistationen an der Studie teilnahmen. Aufgrund dieser Selbstselektion kann eine Verzerrung der Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden. Zudem war zum Zeitpunkt der Publikation nicht bekannt, wie viele der Polizisten die Radargeräte nie, gelegentlich oder häufig benutzt haben.

Da das Krebsregister von Ontario mehrere Neubildungen beim selben Individuum registriert, wurden Personen mit einer Krebserkrankung weiter beobachtet mit der Annahme, für weitere Krebserkrankungen unter Risiko (at risk) zu stehen. Dies macht einen Vergleich der Ergebnisse mit den Ergebnissen anderer Inzidenzstudien unmöglich.

Von Robinette et al. (1980) wurde eine Studie mit 40.890 Angehörigen der amerikanischen Marine durchgeführt, die während der Zeit des Korea Krieges gedient hatten. Die Dauer des Follow-up lag bei rund 20 Jahren (1950/54 – 1974).

Auf der Basis von Messungen, die die Marine auf Schiffen durchgeführt hatte, wurden zur Bestimmung der Effekte einer Exposition mit Radar zwei Subkohorten von jeweils rund 20.000 Personen aus je drei Tätigkeitsgruppen gebildet: Die Gruppen Elektrotechniker (Reparatur von Radareinheiten), „Feuerkontroll-Techniker“ und Elektrotechniker aus dem Bereich Luftfahrt mit maximaler Exposition, sowie Funker, das Bedienungspersonal von Radaranlagen und Bord-Elektriker aus der Luftfahrt mit potentiell minimaler Exposition.

Die potentielle Exposition wurde über die Zugehörigkeit zu den oben genannten Berufsgruppen und mit so genannten „hazard numbers“ geschätzt. Diese „hazard number“ definiert sich aus der Summe aller Werte (power ratings) der an Bord eines Schiffes befindlichen Radaranlagen multipliziert mit der Zahl der Dienstmonate auf diesem Schiff. Ein Vergleich innerhalb der potentiell hochexponierten Gruppe nach den „hazard numbers“ zeigt einen signifikanten Unterschied bei den bösartigen Neubildungen der Atemwege mit einer Mortalitätsratio von 2.2 (10 Fälle).

Ein Vergleich mit externen Daten (Todesursachen) wurde nicht durchgeführt, daher wurden für die Berechnung der Mortalitäts-Ratios die in der Gesamtkohorte aufgetretenen Ereignisse als Referenz verwendet. Die Ergebnisse zeigen keine nachteiligen Effekte für die hoch exponierte Gruppe: Bei den bösartigen Neubildungen (insgesamt 202 Fälle) er-

gibt sich für die Gruppe mit geringer Exposition ein Mortalitäts-Ratio (MR) von 1,04 und für die Hochexponierten ein MR von 0,96.

Die Bestimmung der Exposition blieb auf den relativ kurzen Zeitraum von 1950 bis 1954 beschränkt. Es ist daher nicht bekannt, inwieweit die Mitglieder der Kohorte nach 1954 im militärischen oder im zivilen Bereich mit emittierenden Quellen in Berührung kamen.

Die Ergebnisse eines verlängerten Follow-up (1950/54 – 1997) der Kohorte von Marineangehörigen wurden 2002 von Groves et al. publiziert. Im Gegensatz zur Veröffentlichung von Robinette wurden in dieser Arbeit mögliche Confounder und Effektmodifikatoren berücksichtigt. Zusätzlich wurden die Mortalitätsdaten mit externen Daten verglichen.

Für die meisten Erkrankungen wurden in der Subkohorte der hoch Exponierten niedrigere Mortalitätsraten gefunden als in der potentiell gering exponierten Subkohorte, mit Ausnahme von signifikant höheren Raten bei den Leukämien (RR 1,48, 95 % CI 1,01-2,17) und in der Untergruppe der nicht lymphatischen Leukämien (RR 1,82, 95 % CI 1,05-3,14). Die standardisierten Mortalitätsratios (externer Vergleich) zeigten statistisch signifikant niedrigere SMRs oder SMRs nahe 1 für das potentiell hoch exponierte Stratum.

Informationen zur Exposition mit Mikrowellen nach der Zeit des Korea-Krieges (1950-1954) waren nicht verfügbar. Ebenso wenig lagen Informationen über weitere Expositionen (z. B. chemische Stoffe) vor.

Militärangehörige (Polen)

In einer polnischen Studie wurden alle bei den Angehörigen der Armee zwischen 1971 und 1985 aufgetretenen Krebserkrankungen registriert (Szmigielski 1996). Von den im Durchschnitt 128.000 Personen waren jedes Jahr rund 3.700 mit hochfrequenten Strahlungen bzw. Mikrowellen exponiert. Daten zur Exposition an Arbeitsplätzen mit emittierenden Equipments wurden vom Militär zur Verfügung gestellt. Es war jedoch nicht möglich, die individuelle Exposition der dort eingesetzten Personen zu bestimmen.

Die Analysen beschränken sich auf kohorteninterne Vergleiche der Hochexponierten mit der Referenzgruppe. Bei der Kalkulation der OERs (observed/expected ratio) wurde die Subkohorte der nicht exponierten Personen als Referenz genutzt. Das OER entspricht damit dem Odds ratio. Erhöhte Morbiditäts-Risiken wurden gefunden für alle bösartigen Neubildungen (OER: 2,07; 95 % CI: 1,12-3,58), darunter für colorektale Neubildungen (OER: 3,19; 95 % CI: 1,54-6,18), Neubildungen des Ösophagus und des Magens (OER: 3,24; 95 % CI: 1,85-5,06), Neubildungen der Nervensysteme und des Gehirns (OER:

1,91; 95 % CI: 1,08-3,47) sowie Neubildungen des lymphatischen und blutbildenden Gewebes (OER: 6,31; 95 % CI: 3,12-14,32).

Die Ergebnisse dieser Studie sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da die Studienpopulation sich von Jahr zu Jahr änderte, die genaue Altersverteilung in den beiden Subkohorten nicht bekannt war und vor allem, weil für Personen, die an Krebs erkrankten, zusätzliche Informationsquellen zur Auffindung einer möglichen Exposition mit Hochfrequenz/Mikrowellen genutzt wurden und somit eine grundlegende methodische Voraussetzung der Durchführung von Kohortenstudien verletzt wurde.

Elektromagnetisches Puls-Test-Programm (USA)

Eine aufgrund der seltenen Exposition und somit geringen Zahl der Teilnehmer in ihrer Aussage limitierte Studie ist die Untersuchung von Muhm (1992) an 304 Männern (3.362 Personenjahre), die in einer Firma an Tests zur Simulation von elektromagnetischen Impulsen - ähnlich denen nach einem Atombombenabwurf -, beteiligt waren.

Identifiziert wurden die Männer anhand der dokumentierten ausführlichen Gesundheitsuntersuchungen, die bei den exponierten Personen durchgeführt wurden. In die Studie eingeschlossen wurden nur diejenigen, für die eine solche Untersuchung zwischen 1970 (dem Beginn der Untersuchungen) und dem 31. Dezember 1986 nachgewiesen werden konnte.

Für die Berechnung der SMR wurden die alters-, geschlechts-, jahres- und rassenspezifischen Raten der USA als Referenz verwendet. Die Ergebnisse sollten mit Vorsicht interpretiert werden, da von den insgesamt 14 Todesfällen nur zwei auf bösartige Neubildungen zurückzuführen waren. Für alle Todesursachen liegt die SMR mit 0,56 (95 % CI: 0,31-0,95) niedriger als erwartet, bei den Leukämien mit 4,37 (95 % CI: 0,11-24,33) deutlich höher. Diese Rate wurde jedoch auf der Grundlage eines einzigen Falles berechnet.

Andere potentiell gesundheitsgefährdende Exposition wurden in dieser Studie nicht hinreichend berücksichtigt. So war für 46 Männer eine Exposition gegenüber chemischen Substanzen und bei 73 Männern eine Exposition gegenüber ionisierender Strahlung bekannt.

Beschäftigte der Elektroindustrie (Norwegen)

In Norwegen wurde die Inzidenz von Leukämien und Hirntumoren in einer Kohorte von 37.945 Beschäftigten (824.321 Personenjahre) der Elektrobranche bestimmt (Tynes et al. 1992).

Die Informationen zur beruflichen Tätigkeit standen mit dem Berufs-Zensus von 1960 und dem Zensus von 1970 zur Verfügung.

In die Studie aufgenommen wurden alle Männer, die 1960 in Berufen arbeiteten, in denen sie potentiell elektromagnetischen Feldern ausgesetzt waren. Die Auswertungen wurden mit den Daten der gesamten Kohorte (Follow-up 1961-1985 und 3.806 Krebserkrankungen) sowie den Daten einer Subkohorte (Follow-up 1970-1985 und 2.065 Krebserkrankungen) durchgeführt. Die Subkohorte bestand aus den Männern, die auch 1970 noch beruflich aktiv waren.

Es wurden 5 Typen der Exposition unterschieden: geringe magnetische Exposition (z.B. Elektriker, Installation), mittlere magnetische Exposition (z.B. Straßenbahnfahrer), Exposition durch Hochfrequenz (z. B. Funker), geringe magnetische und elektrische Exposition (z.B. Gleisarbeiter) oder starke magnetische und elektrische Exposition (z.B. Elektrofremontageur). Berufe mit potentieller Exposition durch einen der oben genannten Bereiche wurden jeweils einer der Gruppen zugeordnet. Für die Berechnung der erwarteten Zahl an Krebserkrankungen diente die Krebsinzidenz der beruflich aktiven männlichen Bevölkerung als Referenz.

Die Analyse der vollständigen Kohorte nach Berufsgruppen zeigte bei der Leukämie die höchste SIR (2,56; 95 % CI: 0,94-5,58) für die Radio- und Fernsehtechniker. In der Subkohorte wies ebenfalls die oben genannte Berufsgruppe mit einem Wert von 3,18 (95 % CI: 1,03-7,43) die höchste SIR aus. Bei den Hirntumoren gab es eine Berufsgruppe mit auffallenden Werten: Für die Gleisarbeiter errechneten die Autoren eine SIR von 2,20 (95 % CI: 1,10-4,18). Zusätzlich wurden die Daten nach dem Typ der Exposition (siehe oben) ausgewertet. Bei einer Exposition durch Hochfrequenz oder durch starke magnetische und elektrische Felder ergaben sich SIRs von 2,85 (95 % CI: 1,30-5,41) bzw. 1,79 (95 % CI: 1,09-2,76) für die Leukämien und bei der Exposition durch geringe magnetische und elektrische Felder ein SIR von 2,20 (95 % CI: 1,01-4,18) bei den Hirntumoren.

Die Verwendung einer Berufsbezeichnung in 1960 als indirekter Indikator einer Exposition mit elektromagnetischen Feldern birgt die Gefahr einer geringen Genauigkeit, insbesondere, wenn zudem die Dauer im Beruf und die Höhe der individuellen Exposition unbekannt sind.

Beschäftigte bei Motorola (USA)

Morgan et al. (2000) führten ein von 1976 bis 1996 dauerndes Follow-up mit 195.775 Beschäftigten (2,7 Millionen Personenjahre) des Motorola Konzerns durch. Ziel war die Un-

tersuchung der Sterblichkeit an Hirntumoren und an bösartigen Neubildungen des lymphatischen und blutbildenden Gewebes. Während des Follow-up starben 6.269 Beschäftigte. In 52 Fällen war die Todesursache ein Hirntumor, in 193 Fällen waren bösartige Neubildungen des lymphatischen und blutbildenden Gewebes die Ursache des Todes. Unter Anwendung einer (qualitativen) Job-Expositions-Matrix und mithilfe einer Klassifizierung durch Experten wurden die 9.724 Berufe den Gruppen: hohe, mittlere, geringe Exposition oder Basisexposition zugeordnet.

In die Kohorte wurden alle Beschäftigten aufgenommen, die mindestens sechs Monate bei Motorola gearbeitet hatten und davon mindestens einen Tag während der Follow-up Periode von 1976 bis 1996. Die Raten der gesamten Kohorte und der exponierten Subkohorte (mittlere oder hohe Exposition) wurden sowohl intern als auch mit den Mortalitätsdaten der Staaten Arizona, Florida, Illinois und Texas verglichen, in denen sich die meisten Motorola-Produktionsanlagen befinden.

Die meisten der berechneten SMRs lagen für die gesamte Kohorte nahe bei 1 (externer Vergleich). Ein Vergleich der Raten der Subkohorte mit den externen Raten ergab ein sehr ähnliches Bild. Bei den internen Vergleichen konnte ebenfalls kein erhöhtes Risiko für die exponierte Gruppe nachgewiesen werden, ausgenommen für die Erkrankung Morbus Hodgkin im Zeitraum von 1975 bis 1985 mit einer SMR von 2,25 (95 % CI: 0,4-10,4). Die Benutzung von Mobiltelefonen als weitere Expositionsquelle wurde nicht berücksichtigt. Es scheint jedoch möglich, dass Mitarbeiter eines Konzern aus dem Bereich der kabellosen Kommunikationstechnologien sowohl beruflich als auch privat früher und häufiger Mobiltelefone.

Zusammenfassung

Bei den neun recherchierten Kohortenstudien handelt es sich um Studien, deren Ergebnisse zwischen 1980 und 2002 publiziert wurden. Die Größe der Kohorten liegt zwischen 304 Männern mit 3.362 Personenjahren (Muhm 1992) und fast 200.000 Personen mit 2,7 Millionen Personenjahren (Morgan et al. 2000). Als Expositionen wurden sowohl gepulste als auch nicht gepulste hochfrequente elektromagnetische Felder definiert: dielektische Verfahren in einem kunststoffverarbeitenden Betrieb, Arbeit mit Funkgeräten (Professionelle und Amateure), Herstellung kabelloser Kommunikationstechnologien, Handradargeräte der kanadischen Polizei, Radareinheiten beim Militär sowie künstlich erzeugte elektromagnetische Impulse ähnlich denen nach einer Atombombenexplosion. Mit einer (qualitativen) Job-Expositions-Matrix wurde nur in einer der Studien gearbeitet. Die übrigen

Studien bedienten sich entweder einer Bestimmung der Dauer, die ein Beruf ausgeübt wurde oder einer ja/nein-Unterscheidung nach der Definition exponierter Berufe.

Alle Studien messen als „Zielvariable“ (Outcome) entweder die Gesamtmortalität, die Krebsmortalität, die Krebsinzidenz oder mehrere der genannten Endpunkte. Differenziert nach Einzeldiagnosen stehen die Hirntumoren und Leukämien im Mittelpunkt des Interesses. In keiner der hier vorliegenden Hochfrequenzstudien wurden kardiovaskuläre Ereignisse (Inzidenzen), Komplikationen während der Schwangerschaft oder subjektive Aspekte von Gesundheit als „Outcome“ untersucht.

In der Mehrzahl der Studien wurde ein erhöhtes Risiko der Exponierten für einzelne Erkrankungen gefunden. Bei Betrachtung der Resultate aller Studien werden diese Befunde allerdings relativiert, da für beinahe alle Erkrankungen inkonsistente Ergebnisse vorliegen. Das Fehlen von Informationen zur individuellen Belastung sowie die zum Teil geringe Zahl der Fälle (Lagorio et al 1997, Tynes et al. 1992, Muhm 1992), die Unkenntnis möglicher Expositionen nach der Militärzeit (Robinette 1980), fehlende biologische Modelle (Finkelstein 1998) sowie die berufliche Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder bei rund einem Drittel der Funkamateure (Milham 1988) raten außerdem zu einer vorsichtigen Bewertung der Ergebnisse.

Literatur

- Alm H, Nilsson L (1994). Changes in driver behaviour as a function of handsfree mobile phones - a simulator study. *Accid Anal Prev*, 26, 441-51.
- Alm H, Nilsson L (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accid Anal Prev*, 27, 707-15.
- Brookhuis KA, de Vries G, de Waard D (1991) The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accid Anal Prev* 23, 309-16.
- Darmon P, Guillaume V, Wiart J, Dutour A, Oliver C (1998) Do mobile cellular phones interfere with portable insulin pumps? *Diabetes Care* 21,1775.
- Finkelstein MM (1998) Cancer Incidence Among Ontario Police Officers. *Am J Ind Med* 34, 157-162.
- Groves FD, Page WF, Gridley G et al. (2002) Cancer in Korean Navy technicians: mortality survey after 40 years. *Am J Epidemiol* 155, 810-818.
- Lagorio S, Rossi S, Vecchia P, De Santis M, Bastianini L, Fusilli M, Ferucci A, Desideri E, Comba P (1997) Mortality of Plastic-Ware Workers Exposed to Radio frequencies. *Bioelectromagnetics* 18, 418-421.
- Milham S (1988) Increased Mortality in Amateur Radio Operators due to Lymphatic and Hemotopoietic Malignancies. *Am J Epidemiol* 127, 50-54.
- Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, Exuzides KA, Heringer S, Negrete W (2000) Radio frequency Exposure and Mortality from Cancer of the Brain and Lymphatic/Hemotopoietic Systems. *Epidemiology* 11, 118-127.
- Muhm J (1992) Mortality Investigation of Workers in an Electromagnetic Pulse Test Program. *J Occup Med* 34, 287-292.
- Robinette CD, Silverman C, Jablon S (1980) Effects upon Health of Occupational Exposure to Microwave Radiation (Radar). *Am J Epidemiol* 112, 39-53.
- Szmigielski S (1996) Cancer mortality in subjects occupationally exposed to high-frequency (radio frequency and microwaves) electromagnetic radiation. *Sci Total Environ*, 180, 9-17.
- Trigano AJ, Azoulay A, Rochdi M, Campillo A (1999) Electromagnetic interference of external pacemakers by walkie-talkies and digital cellular phones: experimental study. *Pacing Clin Electrophysiol* 22, 588-93.
- Tynes T, Andersen A, Langmark F (1992) Incidence of Cancer in Norwegian Workers Potentially Exposed to Electromagnetic Fields. *Am J Epidemiol* 136, 81-88.
- Tynes T, Hannevik M, Andersen A, Vistnes AI, Haldorsen T (1996) Incidence of Breast Cancer in Norwegian Female Radio and Telegraph Operators. *Cancer Causes Control* 7, 197-204.

Table 1: Kohortenstudien

Studie	Kohorte	Exposition	Outcome	Methode
Groves et al. 2002 USA	Angehörige der US-Marine 40.890 Männer 1950/54 - 1997	- Mikrowellenbereich (Radaranlagen) - Hoch und gering exponierte Gruppe - keine Information zur individuellen Exposition	Mortalität nach Todesursache	SMR, RR interne Vergleich und externe Vergleiche (mit altersspezifischen Todesursachen weißer Männer)
Morgan et al. 2002 USA	Beschäftigte bei Motorola 195.775 Personen (2,7 Mil. Personenjahre) 1976 - 1996	- Hochfrequenz (kabellose Kommunikationstechnologien) - 4 Gruppen nach Berufsbezeichnung, Dauer der Exposition - qualitative JEM, keine Information zur individuellen Exposition	Gesamtmortalität und Mortalität differenziert nach Krebserkrankungen	SMR, RR interne und externe Vergleiche
Finkelstein 1998 Kanada	Polizisten aus Ontario 22.197 Männer 1970 - 1995	- Mikrowellenbereich (Handradargeräte zur Tempomessung) - Jahre der Beschäftigung / Aufnahme der Polizeiwache in d. Studie - keine Information zur individuellen Exposition	Krebsinzidenz	SIR externe Vergleiche
Lagorio et al. 1997 Italien	Angestellte e. kunststoffverarbeit. Firma 481 Frauen (10.609 Personenjahre) 1962 - 1992	- Hochfrequenz (dielektrische Plastikschweißmaschinen) - Hoch und gering exponierte Gruppe, Dauer der Beschäftigung - keine Information zur individuellen Exposition	Gesamtmortalität und Mortalität differenziert nach Krebserkrankungen	SMR interne und externe Vergleiche
Tynes et. al 1996 Norwegen	Funkerrinnen auf Handelsschiffen 2.169 Frauen (72.105 Personenjahre) 1961-1991	- Hochfrequenz, künstliche Beleuchtung und z. T. Niederfrequenz - Punktmessungen der Exposition, Dauer der Beschäftigung - keine Information zur individuellen Exposition	Brustkrebsinzidenz und Krebsinzidenz anderer Lokalisationen	SIR, OR interne und externe Vergleiche
Szmiigielski 1996 Polen	Angehörige der polnischen Armee 128.000 Männer im Durchschnitt pro Jahr 1971 - 1985	- Hochfrequenz und Mikrowellenbereich - Hoch und gering exponierte Gruppe - keine Information zur individuellen Exposition	Krebsmorbidity	OER interne Vergleiche
Muhm 1992 USA	Beschäftigte elektromag. Puls-Test- Prog. 304 Männer (3.362 Personenjahre) 1970-1986	- Elektromagnet. Impulse ähnlich wie nach Atombombenexplosion - Mindestens 30 Tage pro Halbjahr potentiell exponiert - keine Information zur individuellen Exposition	Mortalität nach Todesursache	SMR externe Vergleiche
Tynes et al. 1992 Norwegen	Beschäftigte der Elektroindustrie 37.945 Männer (824.321 Personenjahre) 1961 - 1985	- Hochfrequenz und Niederfrequenz - fünf Expositions-kategorien nach Beruf gemäß Berufszensus - keine Information zur individuellen Exposition	Krebsinzidenz (Leukämie und Hirntumore)	SIR interne und externe Vergleiche

Milham 1988 USA	Amateurfunker 67.829 Männer (232.499 Personenjahre) 1979-1984	- Hochfrequenz - gültige Lizenz gilt als Indikator für die Exposition - keine Information zur individuellen Exposition	Mortalität nach Todesursache	SMR externe Vergleiche
Robinette et al. 1980 USA	Angehörige der US-Marine 40.890 Männer 1950/54 - 1974	- Mikrowellenbereich (Radaranlagen) - Hoch und gering exponierte Gruppe - keine Information zur individuellen Exposition	Mortalität nach Todesursache Hospitalisierungen	IMR (observed/expected) interne Vergleiche

Table 2: Radiofrequenz-/Mikrowellenemissionen und Morbidität/Mortalität

Outcome	Klassifikation	Exposition	Resultate		Studie
			Maßzahl	Konfidenzintervall	
Alle Erkrankungen	ICD 8 (000-796)	Radar	MR	0,96	Robinette et al. 1980 ¹⁾
	ICD 9 (001-999)	Radar	SMR	0,69	Groves et al. 2002 ²⁾
	ICD 9 (001-799)	Radar	SMR	0,65	Groves et al. 2002
	ICD 9 (001-999)	RF	SMR	1,4	Lagorio et al. 1997
	ICD 8 (000-999)	RF	SMR	0,71	Milham 1988
	ICD 9 (001-999)	EMP	SMR	0,56	Muhm 1992
	ICD 8 (140-209)	Radar	MR	1,04	Robinette et al. 1980
	ICD 9 (140-208)	Radar	SMR	0,73	Groves et al. 2002
	ICD 9 (140-208)	RF	SMR	2,0	Lagorio et al. 1997
Bösartige Neubildungen	ICD 8 (140-209)	RF	SMR	0,89	Milham 1988
	ICD 9 (140-208, 238, .4, .6, 289.8 EX 202, .2, .3, .5, .6)	EMP	SMR	0,32	Muhm 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER*	2,07	Szmigielski 1996
	ICD 9 (140-208)	Radar	SIR	0,90	Finkelstein 1998 ³⁾
	nicht definiert	RF	SIR	1,2	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (140-204)	RF/ELF	SIR	1,06	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	0,71	Szmigielski 1996
	ICD 9 (140-149)	Radar	SIR	0,71	Finkelstein 1998
	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,08	Szmigielski 1996
Mundhöhle	nicht definiert	Radar/RF	OER	0,42-1,32	Szmigielski 1996
	ICD 9 (140-149)	Radar	SIR	0,45-1,06	Finkelstein 1998
Rachen	nicht definiert	Radar/RF	OER	0,82-1,24	Szmigielski 1996
	ICD 9 (140-149)	Radar	SMR	0,49	Groves et al. 2002
Mundhöhle und Rachen	ICD 7 (140-148)	RF/ELF	SIR	0,91	Tynes et al. 1992
	ICD 9 (150.0-150.9)	Radar	SMR	1,08	Groves et al. 2002
Esophagus	ICD 8 (150)	RF	SMR	1,13	Milham 1988
	ICD 7 (150)	RF/ELF	SIR	0,93	Tynes et al. 1992
	ICD 8 (150)	RF/ELF	SMR	0,66-1,27	Tynes et al. 1992

Magen	ICD 8 (151)	RF	SMR	1,02	0,68-1,45	Milham 1988
	ICD 7 (151)	RF	SIR	0,4	0,1 -2,0	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (151)	RF/ELF	SIR	1,08	0,97-1,20	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	3,24	1,85-5,06	Szmigielski 1996
Dickdarm	ICD 8 (153)	RF	SMR	1,11	0,89-1,37	Milham 1988
	ICD 7 (153)	RF	SIR	1,3	0,6 -2,6	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (153)	RF/ELF	SIR	1,13	1,01-1,26	Tynes et al. 1992
	ICD 8 (154)	RF	SMR	0,77	0,42-1,29	Milham 1988
Rektum	ICD 7 (154)	RF	SIR	1,8	0,7 -3,9	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (154)	RF/ELF	SIR	1,01	0,87-1,17	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	3,19	1,54-6,18	Szmigielski 1996
Leber	ICD 8 (155)	RF	SMR	0,65	0,33-1,17	Milham 1988
	ICD 7 (155)	RF/ELF	SIR	1,11	0,74-2,66	Tynes et al. 1992
	ICD 7 (156)	RF/ELF	SIR	0,71	0,37-1,24	Tynes et al. 1992
Pankreas	ICD 8 (157)	RF	SMR	0,64	0,42-0,94	Milham 1988
	ICD 7 (157)	RF	SIR	0,6	0,0 -3,5	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (157)	RF/ELF	SIR	1,19	1,01-1,38	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,47	0,76-3,02	Szmigielski 1996
Verdauungsorgane	ICD 9 (150-159)	Radar	SIR	0,92	0,77-1,09	Finkelstein 1998
	ICD 8 (150-159)	Radar	SIR	1,14	-	Robinette et al. 1980
Kehlkopf	ICD 9 (161)	Radar	SIR	0,98	0,52-1,68	Finkelstein 1998
	ICD 7 (161)	RF/ELF	SIR	1,39	1,08-1,76	Tynes et al. 1992
Luftröhre, Bronchen, Lunge	ICD 9 (162.0-162.9)	Radar	SMR	0,64	0,58-0,70	Groves et al. 2002
	ICD 9 (162)	Radar	SIR	0,66	0,52-0,82	Finkelstein 1998
	ICD 7 (162)	RF	SIR	1,2	0,4 -2,7	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (162)	RF/ELF	SIR	1,09	1,00-1,19	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,06	0,72-1,56	Szmigielski 1996
Pleura	ICD 7 (163)	RF/ELF	SIR	1,88	1,13-2,93	Tynes et al. 1992
	ICD 8 (160-163)	Radar	MR	1,14	-	Robinette et al. 1980
Atmungsorgane	ICD 8 (160-163)	RF	SMR	0,66	0,58-0,76	Milham 1988
	nicht definiert	Radar/RF	OER	0,67	0,36-1,42	Szmigielski 1996
Knochen	ICD 9 (170)	Radar	SIR	0,82	0,10-3,00	Finkelstein 1998
	ICD 9 (171)	Radar	SIR	1,12	0,45-2,31	Finkelstein 1998
Bindegewebe	ICD 7 (197)	RF/ELF	SIR	1,36	0,93-1,91	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	RF	SMR	1,13	-	Morgan et al. 2000
Melanom	ICD 9 (172)	Radar	SIR	1,45	1,10-1,88	Finkelstein 1998
	ICD 7 (190)	RF	SIR	0,9	0,4 -1,7	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (190)	RF/ELF	SIR	1,09	0,91-1,45	Tynes et al. 1992

Sonstige Neubildungen der Haut	ICD 7 (191)	RF/ELF	SIR	1	0,80-1,23	Tynes et al. 1992
Haut, incl. Melanom	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,67	0,92-4,13	Szmigielski 1996
Brust (Männer) (Frauen) (Männer)	ICD 9 (175.0-175.9)	Radar	SMR	1,05	0,26-4,20	Groves et al. 2002
	ICD 7 (170)	RF	SIR	1,50	1,10-2,00	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (170)	RF/ELF	SIR	2,07	0,94-1,10	Tynes et al. 1992
	ICD 7 (171)	RF	SIR	1,0	0,6 -1,7	Tynes et al. 1996
Ovarium	ICD 7 (175)	RF	SIR	0,8	0,3 -1,6	Tynes et al. 1996
Uterus	ICD 7 (172)	RF	SIR	1,9	1,0 -3,2	Tynes et al. 1996
Prostata	ICD 8 (185)	RF	SMR	1,14	0,90-1,42	Milham 1988
	ICD 9 (185)	Radar	SIR	1,16	0,93-1,43	Finkelstein 1998
	ICD 7 (177)	RF/ELF	SIR	1,02	0,94-1,10	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	Radar/RF	OER	0,86	0,54-1,67	Szmigielski 1996
Hoden	ICD 9 (186.0-186.9)	Radar	SMR	0,60	0,25-1,43	Groves et al. 2002
	ICD 9 (186)	Radar	SIR	1,30	0,89-1,84	Finkelstein 1998
	ICD 7 (178)	RF/ELF	SIR	0,83	0,59-1,12	Tynes et al. 1992
	ICD 8 (188)	RF	SMR	0,66	0,38-1,08	Milham 1988
	ICD 9 (188)	Radar	SIR	0,93	0,63-1,33	Finkelstein 1998
	ICD 7 (181)	RF	SIR	0,6	0,0 -3,6	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (181)	RF/ELF	SIR	1,23	1,10-1,38	Tynes et al. 1992
Nieren	ICD 8 (189)	RF	SMR	0,94	0,57-1,48	Milham 1988
	ICD 9 (189)	Radar	SIR	0,96	0,61-1,44	Finkelstein 1998
	ICD 7 (180)	RF	SIR	1,6	0,3 -4,8	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (180)	RF/ELF	SIR	1,09	0,92-1,28	Tynes et al. 1992
Gehirn	ICD 9 (191.0-191.9)	Radar	SMR	0,71	0,51-0,98	Groves et al. 2002
	ICD 8 (191)	RF	SMR	1,39	0,93-2,00	Milham 1988
	ICD 9 (191)	Radar	SIR	0,84	0,48-1,36	Finkelstein 1998
	ICD 7 (193)	RF	SIR	1,0	0,3 -2,3	Tynes et al. 1996
	ICD 7 (193)	RF/ELF	SIR	1,09	0,90-1,41	Tynes et al. 1992
	nicht definiert	RF	SMR	0,53	0,21-1,09	Morgan et al. 2000
Nervensystem, incl. Hirntumor	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,91	1,08-3,47	Szmigielski 1996
	ICD 7 (199)	RF/ELF	SIR	0,91	0,76-1,07	Tynes et al. 1992
Nicht spezifizierte Organe						
Schilddrüse	nicht definiert	Radar/RF	OER	1,54	0,82-2,59	Szmigielski 1996
	ICD 9 (193)	Radar	SIR	0,86	0,32-1,87	Finkelstein 1998
Hematopoietic	ICD 9 (200-208, 238.4, 260.0-260.9, 280.0-280.9, 289.8, EX 202.2, .3, .5, .6)	EMP	SMR	3,31	0,40-11,96	Muhm 1992 (2 cases only)

Lymphatisches und hämatopoetisches Gewebe	ICD 8 (200-209) ICD 8 (200-209) nicht definiert nicht definiert	Radar RF RF Radar/RF RF	MR SMR SMR OER SMR	1,18 1,23 0,54 6,31 0,47	- 0,99-1,52 0,33-0,83 3,12-14,32 0,15-1,10	Robinette et al. 1980 Milham 1988 Morgan et al. 2000 Szmigielski 1996 Milham 1988
Lymphosarkom	ICD 9 (200)	EMP	SMR	10,87	0,28-60,56	Muhm (1 case only)
Lymphosarkom und Multiples Myelom	ICD 9 (200-203)	Radar	SMR	0,89	0,72-1,09	Groves et al. 2002
Non-Hodgkin Lymphom	ICD 7 (200-202)	RF/ELF	SIR	0,77	0,60-0,98	Tynes et al. 1992
Morbus Hodgkin	ICD 8 (201) nicht definiert ICD 9 (201) ICD 7 (201)	RF RF Radar RF/ELF	SMR SMR SIR SIR	1,23 1,11 0,84 0,85	0,40-2,88 0,23-3,24 0,36-1,66 0,56-1,24	Milham 1988 Morgan et al. 2000 Finkelstein 1998 Tynes et al. 1992
Multiple Myelom	ICD 7 (203)	RF/ELF	SIR	1,02	0,79-1,30	Tynes et al. 1992
Leukämie	ICD 9 (204-208) ICD 8 (204-207) nicht definiert ICD 9 (204-208, 202.4, 203.1) ICD 9 (204-208) ICD 7 (204) ICD 7 (204)	Radar RF RF EMP Radar RF RF/ELF RF	SMR SMR SMR SMR SIR SIR SIR SIR	1,14 1,24 0,77 4,37 0,60 1,1 1,08 1,62	0,90-1,44 0,87-1,72 0,38-1,38 0,11-24,33 0,31-1,05 0,1 -4,1 0,89-1,31 1,17-2,18	Groves et al. 2002 Milham 1988 Morgan et al. 2000 Muhm 1992 (1 case only) Finkelstein 1998 Tynes et al. 1996 Tynes et al. 1992 Milham 1988
Andere lymphatische Gewebe	ICD 8 (202, 203)	RF	SMR	1,62	1,17-2,18	Milham 1988
Lymphatische Leukämie	ICD 9 (204.0-204.9)	Radar	SMR	1,12	0,69-1,83	Groves et al. 2002
Nicht-lymphatische Leukämien	ICD 9 (205.0-207.7, 207.9)	Radar	SMR	1,24	0,90-1,69	Groves et al. 2002
Krankheiten des Kreislaufsystems	ICD 8 (390-458) ICD 9 (390-459) ICD 8 (390-458)	Radar Radar RF	MR SMR SMR	0,93 0,65 0,70	- 0,62-0,69 0,66-0,74	Robinette et al. 1980 Groves et al. 2002 Milham 1988
Krankheiten der Atmungsorgane	ICD 9 (460-519) ICD 8 (460-519)	Radar RF	SMR SMR	0,51 0,50	0,44-0,60 0,42-0,60	Groves et al. 2002 Milham 1988
Unfälle und Verletzungen (äußere Einwirkungen)	ICD 9 (800-999) ICD 9 (800-999) ICD 8 (E800-E999)	Radar RF RF	SMR SMR SMR	0,79 2,4 0,64	0,73-0,85 0,3 -8,7 0,52-0,77	Groves et al. 2002 Lagorio et al. 1997 Milham 1988

- MR der gesamten hoch exponierten Gruppe, standardisiert für Geburtsjahr
- Externer Vergleich der hoch exponierten Subkohorte (Morbidität)

- Es wird angenommen, dass Finkelsteins Codierung auf der ICD 9 basiert, weil die Klassifikation auf 140-208 beschränkt ist. Finkelstein benutzte 90 % Konfidenzintervalle (einseitig)

Observed/expected Ratio der Inzidenz

Bei einer Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass bei der Kodierung von Erkrankungen substantielle Unterschiede zwischen den verschiedenen Revisionen der ICD bestehen können.